

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-075676

(43)Date of publication of application : 22.03.1996

(51)Int.Cl.

G01N 23/04

H01J 31/50

(21)Application number : 06-210084

(71)Applicant : HAMAMATSU PHOTONICS KK

(22)Date of filing : 02.09.1994

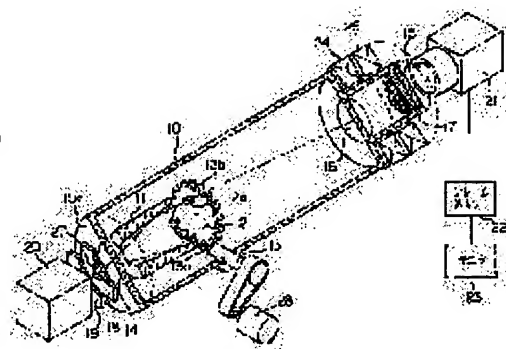
(72)Inventor : OBA AKIRA  
SUGIYAMA MASARU  
OSUGA SHINJI

## (54) APPARATUS FOR MAGNIFICATION OBSERVATION WITH RADIATION

## (57)Abstract:

PURPOSE: To provide the apparatus for magnification observation with radiation having a high resolution.

CONSTITUTION: The radiation emitted from a radiation source 20 is transmitted through a sample 27 and cast into a slant incident reflecting mirror 11. The incident radiation is magnified and the image is formed with the slant incident reflecting mirror 11. The image is impacted into a detecting means 21 and detected as the X ray image. A shielding plate 12 is arranged in approximately parallel with the surface at a position close to the emitting surface of the slant incident reflecting mirror 11. An opening 12a is provided at the region of a part of the surrounding part in the shielding plate 12. The X rays, which are reflected from a part of the reflecting surface of the slant incident reflecting mirror 11 passes the opening 12a and reaches the detecting means 21. Therefore, the part having the high machining accuracy among the reflecting surface of the slant incident reflecting mirror 11 is selectively used, and the X rays can be magnified and the image can be formed. The X-ray image having the high resolution can be detected with the detecting means 21.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

25.04.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application converted  
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of extinction of right]

**\* NOTICES \***

**Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] It is radiation expansion observation equipment characterized by providing the following, while approaching the plane of incidence or the outgoing radiation side of the aforementioned oblique incidence reflecting mirror, it is mostly arranged with these fields at parallel, and it is radiation expansion observation equipment characterized by equipping a field with the shield which has opening for a periphery a part. The radiation source which carries out outgoing radiation of the radiation towards the arrangement position of a sample. The oblique incidence reflecting mirror of the shape of a cylindrical shape to which the image of the radiation which penetrated the aforementioned sample is carried out expansion and image formation. A detection means by which this oblique incidence reflecting mirror detects expansion and the radiological image which carried out image formation.

[Claim 2] The aforementioned shield is radiation expansion observation equipment according to claim 1 characterized by the ability to rotate focusing on the medial axis of the aforementioned oblique incidence reflecting mirror.

[Claim 3] The aforementioned oblique incidence reflecting mirror is radiation expansion observation equipment according to claim 1 characterized by the ability to rotate focusing on a medial axis.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] this invention relates to the radiological image expansion observation equipment which can observe a sample with an X-ray and other radiation.

[0002]

[Description of the Prior Art] Drawing 8 is the cross section showing the structure of conventional radiological image expansion observation equipment. As for conventional radiological image expansion observation equipment, the oblique incidence reflecting mirror 101 and a stopper 102 are arranged inside the cylindrical shape-like case 100 from this drawing, an entrance window 103 is formed in end side 100a of a case 100, and the phosphor screen 104 is formed in other end side 100b, respectively. Moreover, the entrance window 103 of a case 100 is approached, the sample base 105, a filter 106, and the X line source 107 are installed, a phosphor screen 104 is approached, and the camera 108, the frame memory 109, and the monitor 110 are installed.

[0003] Operation of this equipment is shown below. First, the X-ray which carried out outgoing radiation of the X line source 107 penetrates a filter 106, and a wavelength limit is carried out and it carries out incidence to the sample 111 fixed to the sample base 105. Incidence of the X-ray which penetrated the sample 111 is carried out to the oblique incidence reflecting mirror 101 through an entrance window 103. The X-ray which carried out incidence is expanded with the oblique incidence reflecting mirror 101, and the X-ray which passed the stopper 102 carries out image formation on the photoelectric surface 112 as an X-ray image. Here, it has prevented an unnecessary X-ray carrying out incidence of the stopper 102 to the photoelectric surface 112. If an X-ray carries out incidence to the photoelectric surface 112, a photoelectron is emitted from the rear face of the photoelectric surface 112, multiplication of the emitted photoelectron will be carried out by the micro channel plate (MCP) 113, and it will form an optical image in a phosphor screen 104. After this optical image is incorporated by the camera 108, it is stored in a frame memory 109 temporarily, a monitor 110 is given after that, and an optical image is displayed.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, the process tolerance of the reflector of the oblique incidence reflecting mirror 101 has determined the resolution of conventional radiation expansion observation equipment. For example, if the total reflection side of the oblique incidence reflecting mirror 101 is not stored in the configuration error about surface roughness several nm or less and below sub mum when using an X-ray with a wavelength of several nm, the resolution of predetermined level is not obtained.

[0005] However, although it could attain if the above-mentioned precision was a part of reflector, it was rather difficult to cover the whole reflector and to attain, therefore it was not able to obtain resolution of predetermined level.

[0006] this invention solves such a problem and aims at offering radiation expansion observation equipment with high resolution.

[0007]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the above-mentioned technical problem, the radiation expansion observation equipment of this invention The radiation source which carries out outgoing radiation of the radiation towards the arrangement position of a sample, and the radiation which penetrated the sample Expansion and the cylindrical shape-like oblique incidence reflecting mirror which carries out image formation, It is radiation expansion observation equipment equipped with a detection means by which this oblique incidence reflecting mirror detects expansion and the radiological image which carried out image formation, while approaching the plane of incidence or the outgoing radiation side of an oblique incidence reflecting mirror, it has been mostly arranged with these fields at parallel, and the field is equipped with the shield for a periphery which has opening in part.

[0008] Here, a shield rotates focusing on the medial axis of an oblique incidence reflecting mirror, or an oblique

incidence reflecting mirror rotates focusing on a medial axis.

[0009]

[Function] According to the radiation expansion observation equipment of this invention, the radiation which carried out outgoing radiation of the radiation source penetrates a sample, and it carries out incidence to an oblique incidence reflecting mirror. The radiation which carried out incidence is carried out expansion and image formation with an oblique incidence reflecting mirror, is given to a detection means, and is detected as an X-ray image. The shield is mostly arranged with these fields in the position close to the plane of incidence or the outgoing radiation side of an oblique incidence reflecting mirror at parallel. It has opening to the field in part, and the X-ray for a periphery (or X-ray reflected by a part of reflector of an oblique incidence reflecting mirror) which carries out incidence to a part of reflector of an oblique incidence reflecting mirror passes this opening, and this shield reaches a detection means. Moreover, since the X-ray (or X-ray reflected in other portions of the reflector of an oblique incidence reflecting mirror) which carries out incidence to other portions of the reflector of an oblique incidence reflecting mirror is covered with a shield, it does not reach a detection means. For this reason, among the reflectors of an oblique incidence reflecting mirror, using the high portion of a process tolerance alternatively, an X-ray can be carried out expansion and image formation, and the X-ray image of high resolution can be detected with a detection means.

[0010]

[Example] Hereafter, one example of this invention is explained with reference to an accompanying drawing. Drawing 1 is the perspective diagram showing the cross-section structure of the radiological image expansion observation equipment concerning this example. From this drawing, the worm 13 with a shaft to which the radiological image expansion observation equipment of this example makes the interior of the cylindrical shape-like case 10 rotate the stopper 12 of the disk configuration which passes a part of expansion, oblique incidence reflecting mirror 11 which carries out image formation, and X-ray for a periphery which opening 12a was formed in the field in part, and passed the oblique incidence reflecting mirror 11 for an X-ray image, and a stopper 12 is incorporated. An entrance window 14 is formed in end side 10a of a case 10, a phosphor screen 15 is formed in other end side 10b, respectively, and the photoelectric surface 16 is formed in the image formation position of the X-ray by the oblique incidence reflecting mirror 11. Moreover, the micro channel plate (MCP) 17 is arranged on the phosphor screen 15 by the side of the photoelectric surface 16. Furthermore, the entrance window 14 of a case 10 is approached, the sample base 18, a filter 19, and the X line source 20 are installed, a phosphor screen 15 is approached, and the camera 21, the frame memory 22, and the monitor 23 are installed. Coils 24 and 25 are twisted around the periphery between the photoelectric surface 16 of a case 10, and a phosphor screen 15 further again.

[0011] Moreover, gear 12b for angle-of-rotation adjustment is formed in the periphery edge of a stopper 12, and it has become a worm gear. A stopper 12 rotates by worm 13a of the worm 13 with a shaft gearing to this gear 12b, and rotating the worm 13 with a shaft. The worm 13 with a shaft is driven in the stepping motor 26 grade prepared in the case 10 exterior, and can set up now the angle of rotation of a stopper 12 correctly.

[0012] The radiological image expansion observation equipment of this example operates as follows. First, the sample 27 which should be observed is fixed to the sample base 18, and these are arranged between an entrance window 14 and a filter 19. Next, if outgoing radiation of the X-ray is carried out from the X line source 20, an X-ray penetrates a filter 19, and a wavelength limit will be carried out and it will be irradiated on the sample 27 fixed to the sample base 18. An X-ray's transparency of a sample 27 forms an X-ray image. The transmitted X-ray passes an entrance window 14, it carries out incidence to the oblique incidence reflecting mirror 11, and image formation of the X-ray image expanded with the oblique incidence reflecting mirror 11 is carried out on the photoelectric surface 16. From the rear face of the photoelectric surface 16, the photoelectron corresponding to this X-ray image is emitted, and the electronic image by this photoelectron is expanded with coils 24 and 25. And after multiplication of the expanded electronic image is carried out by MCP17, image formation of it is carried out to a phosphor screen 15, and it obtains an optical image. After the optical image formed in the phosphor screen 15 is incorporated with a camera 21, it is stored in a frame memory 22 temporarily, and is given to the monitor 23 equipped with CRT etc. after that. Moreover, this frame memory 22 has the function which compounds the picture memorized now and the newly given picture.

[0013] The feature of this example is a point equipped with the stopper 12 which passes a part of X-ray reflected by the reflector of the oblique incidence reflecting mirror 11. By this stopper 12, the X-ray reflected by the reflector of most oblique incidence reflecting mirrors 11 will be covered, only the X-ray reflected in the portion of a request of a reflector reaches the photoelectric surface 16, and an X-ray image is formed. It can be made to be able to rotate by the drive gear 13, and a stopper 12 can move opening 12a to a position. As an observation method of the sample 27 using the equipment of this example First, a stopper 12 is fixed, after rotating a stopper 12 and moving opening 12a to a position by the drive gear 13. There is the 2nd method which compounds the 1st method which observes an optical image with a monitor 23 in this state, and the picture which picturized the optical image with the camera 21 whenever

it makes a stopper 12 turn and carried out predetermined angle rotation by the drive gear 13, and was acquired for every predetermined angle, and observes this synthetic picture with a monitor 23. It divides into the 1st observation method and the 2nd observation method hereafter, and explains.

[0014] First, the 1st observation method is used, when a part of reflector of the oblique incidence reflecting mirror 11 has the field where a process tolerance is high. Although this needs to make nm order the process tolerance (surface roughness, configuration error) of the oblique incidence reflecting mirror 11 in order to form the X-ray image of high resolution in the photoelectric surface 16, it depends on an impossible thing [ processing a total reflection side in such a precision ] with the present processing technology. Then, the field which has the process tolerance of nm order among the reflectors of the oblique incidence reflecting mirror 11 is chosen, opening 12a of a stopper 12 is passed and only the X-ray reflected in respect of this is made to reach the photoelectric surface 16. For this reason, the X-ray image of high resolution is formed on the photoelectric surface 16, and the optical image of high resolution is formed in a phosphor screen 15. In addition, since most X-rays reflected by the reflector of the oblique incidence reflecting mirror 11 are covered with a stopper 12, there is very little X dosage which reaches to the photoelectric surface 16. For this reason, it is necessary to expose for a long time and to secure sufficient X dosage by this observation method.

[0015] Moreover, the 1st observation method is used when the resolving direction of the picture picturized with a camera 21 even when there is no high portion of a process tolerance in the reflector of the oblique incidence reflecting mirror 11, on the other hand, requires only \*\* (direction in alignment with the segment which connects the axis of rotation of a stopper 12, and opening 12a). The X-ray image expanded using the low reflector of the process tolerance of the oblique incidence reflecting mirror 11 has the high resolution of a direction perpendicular to the field compared with the X-ray image which removed the stopper 12 and was expanded using the whole reflector of the oblique incidence reflecting mirror 11. This is because the stopper 12 covered the X-ray which worsens the resolution reflected in other portions of a reflector. Then, when the resolving direction of a picture requires only Mukai on the other hand, this method is used for the process tolerance of the whole reflector surface also by the low case. In addition, since the degree of improvement in this resolution is based on the process tolerance (surface roughness, configuration error) of the field to be used, it is necessary to set the reflector to be used as the field where a process tolerance is the highest among the whole reflector.

[0016] Next, the 2nd observation method is explained. When there is no high portion of a process tolerance in the reflector of the oblique incidence reflecting mirror 11, the picture picturized with a camera 21 continues in all the directions, and the 2nd observation method is used when to be high resolution is demanded. First, this observation method irradiates an X-ray on sample 27 front face, and reflects the X-ray which penetrated the sample 27 by the reflector of the oblique incidence reflecting mirror 11. The X-ray which passed opening 12a of a stopper 12 among the X-rays reflected by this reflector reaches the photoelectric surface 16, and forms an expansion X-ray image on the photoelectric surface 16. A photoelectron is emitted by attainment of an X-ray from the photoelectric surface 16, multiplication of this photoelectron is carried out by MCP17, and it forms an expansion optical image in a phosphor screen 15. This optical image is picturized with a camera 21, and is observed with a monitor 23 through a frame memory 22.

[0017] Next, a stopper 12 is rotated for a while. With the size of opening 12a, the angle to rotate is set up so that between may not open by opening 12a in a front position, and opening 12a in the position of a degree (although the size of opening 12a is based on the process tolerance of the reflector of the oblique incidence reflecting mirror 11, it is thought from the experiment by the light which the artificer performed that twenty or less percent of the effective-area product of the outgoing radiation side of the oblique incidence reflecting mirror 11 is sufficient.).

[0018] Then, an X-ray is irradiated again at a sample 27, the transparency X-ray from a sample 27 is expanded, the optical image by this X-ray image is picturized with a camera 21, and the acquired picture is compounded with a front picture on a frame memory 22. A stopper 12 is rotated, the position of opening 12a is changed and picturized further again, and it compounds with two front pictures. Henceforth, this process is repeated until opening 12a of a stopper 12 returns to the original position (until it makes one revolution). Thus, the acquired synthetic picture turns into a picture with high resolution from the picture which used the whole reflector surface of the oblique incidence reflecting mirror 11 by high contrast.

[0019] In this example, resolution is raised using a method special to composition of the above-mentioned picture. Next, this image-processing method is explained using drawing 2 - drawing 6 .

[0020] If the sample 27 of a grid pattern as shown in drawing 2 (a) is picturized using conventional stopper 12' somewhat smaller than the outgoing radiation side of the oblique incidence reflecting mirror 11 as shown in drawing 2 (b), it will become the picture which faded to the whole as shown in drawing 3 (a). This is clear also from the graph of a distribution of the relative luminance of drawing 3 (b). That is, in the graph of drawing 3 (b), the difference of the maximum brightness and the minimum brightness is small, and there are few differences of the contrast of a bright

portion and a dark portion. It turns out that it is the picture which is not clearer than this.

[0021] By the way, the synthetic picture which added simply the picture which was rotated the predetermined angle every and picturized the stopper 12 of this example as shown in drawing 2 (c) - drawing 2 (e) turns into a picture which faded as shown in drawing 5 (a). Although the graph of drawing 5 (b) has the difference of the maximum brightness and the minimum brightness larger than the graph of drawing 3 (b), when it does not pass over it because this synthetic picture added the picture of three directions, but the picture of all the directions is added, the picture of drawing 3 (a), the picture of almost equivalent resolution, and a bird clapper are expected. The reason is as follows. the segment with which the X-ray image by the X-ray which passed opening 12a of a stopper 12 connects the axis of rotation to opening 12a -- although the resolution of the direction in alignment with 12b is high -- this segment -- the resolution of a direction perpendicular to 12b -- a low Therefore, in having added simply two or more pictures picturized whenever it rotated the stopper 12, the component of the direction of a low of resolution will also be added and the resolution of a synthetic picture becomes a low thing comparatively. Although the line of Y shaft orientations is obtained by high resolution as shown in drawing 4 (a) when the transparency picture of the sample 27 of the grid pattern of drawing 2 (a) is specifically picturized using the stopper 12 with which opening 12a is located in the upper part like drawing 2 (c), the line of X shaft orientations perpendicular to it will fade. With this, when it picturizes using the stopper 12 with which opening 12a is conversely located in the right-hand side section like drawing 2 (d), the line of Y shaft orientations fades and the line of X shaft orientations becomes clear. Therefore, if these two pictures are added, resolution will fall as a whole. Furthermore, if this is performed in all the directions and all pictures are added, it will become the picture of a low resolution of the same grade as the picture picturized by conventional stopper 12' of drawing 2 (b).

[0022] When opening 12a of the stopper 12 of drawing 2 (c) or the stopper 12 of drawing 2 (d) was passed and image formation of the signal (transparency X-ray) from there is carried out paying attention to the specific portion in the object whose picture should be taken here, The amount of signals when looking clearly also in the same image formation position has increased compared with the amount of signals when fading (while fading, the signal which should be carried out image formation there will spread in a surrounding pixel.). . Then, if the larger one [ pixel / of both pictures / every ] is chosen and outputted, it will become a high-definition picture from the picture which only added both pictures.

[0023] Therefore, if a final picture is constituted as each picture is not added, each picture is compared for every pixel and the maximum in it is chosen, the picture of high resolution will be acquired rather than the picture photographed by stopper 12' shown in drawing 2 (b). However, although the background of the portion (portion which serves as a shadow and does not have a transparency X-ray) which does not have this letter number in this case will also go up, resolution still becomes better than the picture added simply. Moreover, in the picture which chose this maximum, if offset is imposed and a background component is cut when there are many amounts of signals, a still better picture will be acquired. Furthermore, these processings are effective when there are many amounts of signals (X dosage). The example of this picture is shown in drawing 6 (a). It turns out that the picture of high resolution was acquired compared with the picture of drawing 3 (a) from this drawing. It can be said that especially the difference of the maximum brightness of a graph and the minimum brightness shown in drawing 6 (b) was large, and the very clear picture was acquired.

[0024] In addition, various deformation is possible for this invention, without being limited to the above-mentioned example. For example, in this example, although the stopper 12 is formed in the outgoing radiation side of the oblique incidence reflecting mirror 11, you may prepare in the incidence side of the oblique incidence reflecting mirror 11. Furthermore, you may form a stopper 12 before a sample 27 (between the X line source 20 and samples 27). When it places before a sample 27, X dosage irradiated by the sample 27 can be reduced and radiation damage done to a sample can be made small. In the example of drawing 1 by which the stopper 12 was installed behind the sample 27, image formation was carried out using a part of X-ray which has penetrated the sample 27, and the remainder is throwing away. That is, the unnecessary X-ray will be irradiated at the sample 27. When rotating a stopper 12 and compounding a picture especially, supposing n sheets need to be picture compounded to acquire the picture of one sheet, compared with the case where it is picturizing by one conventional irradiation, an X-ray will be irradiated by many same samples 27 also n times. This is a problem in the sample 27 which can consider the damage by radiation, such as an organism sample. Then, the X-ray which irradiates a sample 27 is held down to necessary minimum by placing a stopper 12 before a sample 27 (since it is only the one section of opening 12a in the 1st observation method, the effect is large.). There are not a case where it picturizes at once by the full open mouth after all also with the 2nd observation method which rotates a stopper 12, and a change. . The example which places a stopper 12 before a sample 27 is shown in drawing 7 . Oblique incidence reflecting mirror 11a for condensing is installed before the X line source 20 and a sample 27, and a stopper 12 should be put on either the incidence side or an outgoing radiation side (the position of

opening 12a of a stopper 12 prepared here is noticed about it being the direction shifted 180 degrees by oblique incidence reflecting mirror 11b for image formation.). For example, when using it by the 1st observation method, choosing the portion of A of oblique incidence reflecting mirror 11b for image formation, the position of opening 12a of a stopper 12 serves as the direction of B. .

[0025] Moreover, although the reflector of the oblique incidence reflecting mirror 11 in which a stopper 12 is rotated and an X-ray is reflected is made to change in this example, you may rotate oblique incidence reflecting mirror 11 the very thing. furthermore, the stopper 12 of the disk configuration which constitutes a worm gear from this example as a rolling mechanism and with a shaft -- although the worm gearing using worm 13 was used, it indicated to JP,2-22589,A (radiation expansion observation equipment), for example, without being limited to this mechanism -- it is like [ it extracts and ] the rolling mechanism of a means

[0026]  
[Effect of the Invention] If it is radiological image expansion observation equipment of this invention and there is that a part of portion with the sufficient process tolerance of a reflector is also alike when the process tolerance of most reflectors of an oblique incidence reflecting mirror is bad or as explained to the detail above, opening of a shield can be passed only for the radiation reflected in the portion. For this reason, expansion and the resolution of a radiological image which carried out image formation have the very high radiation which passed opening of a shield, and the radiological image of a high resolution is detected with a detection means.

[0027]

---

[Translation done.]



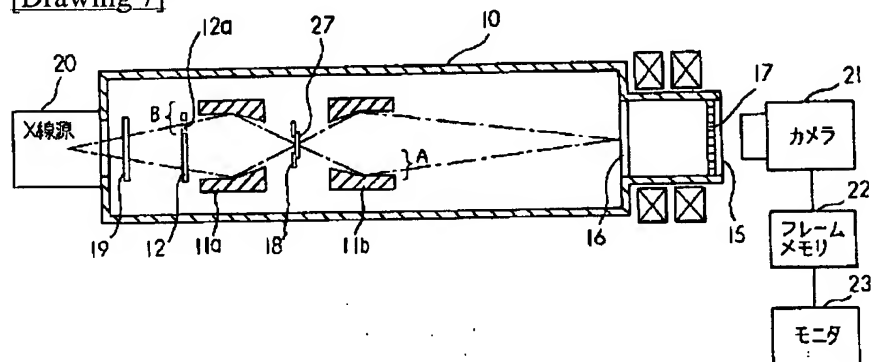
## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

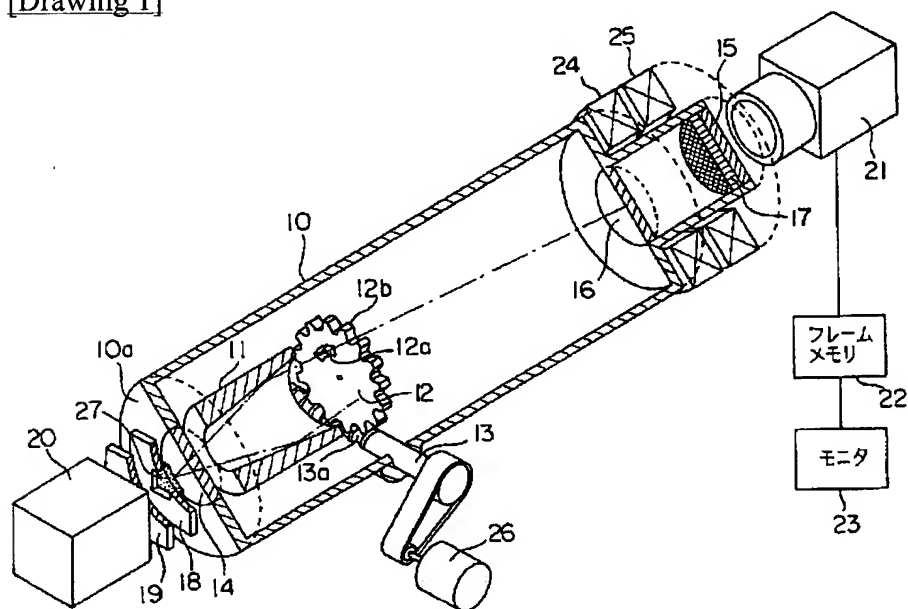
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

[Drawing 7]

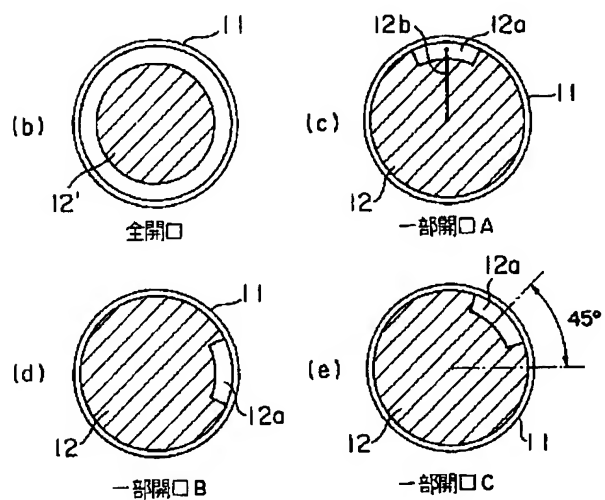
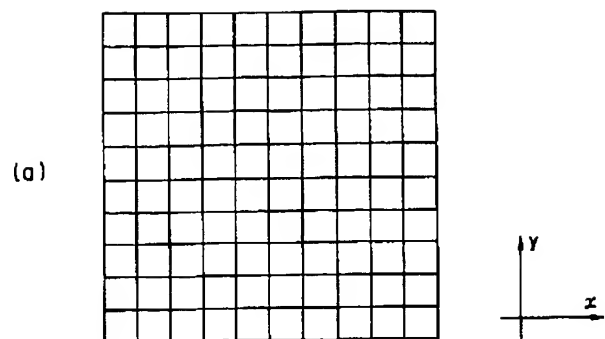


[Drawing 1]

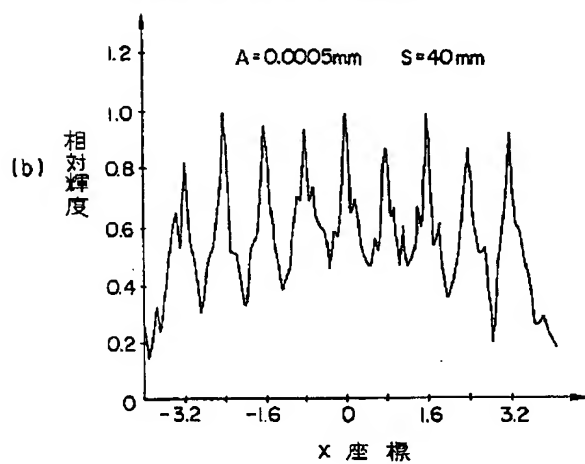
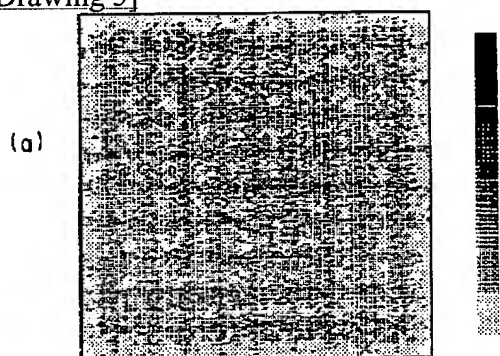


[Drawing 2]

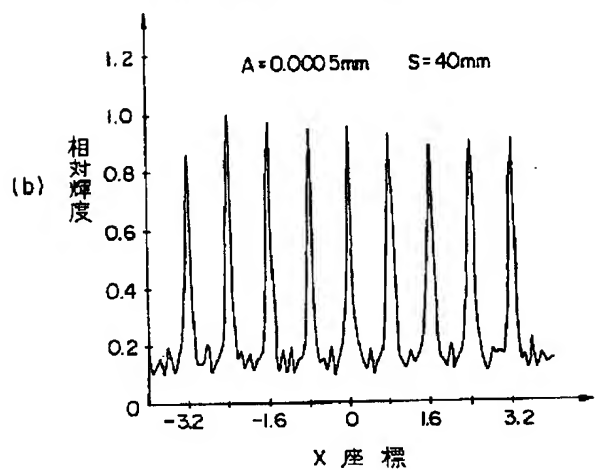
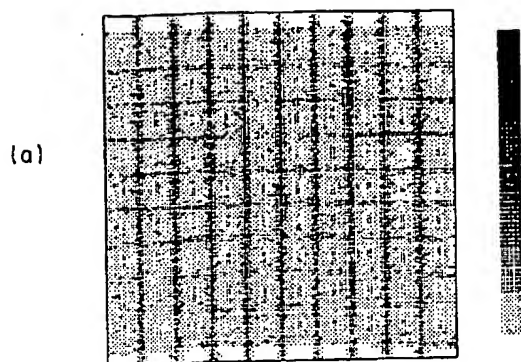




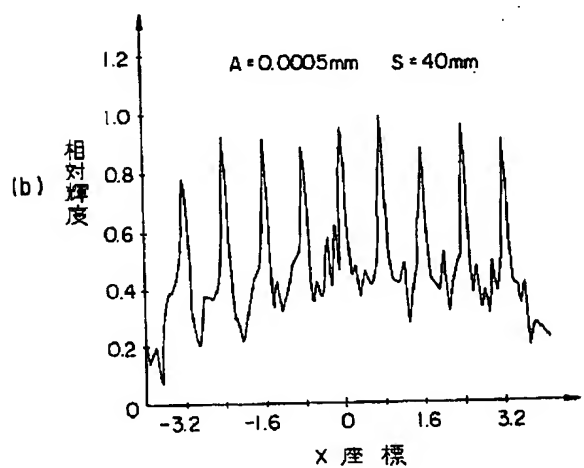
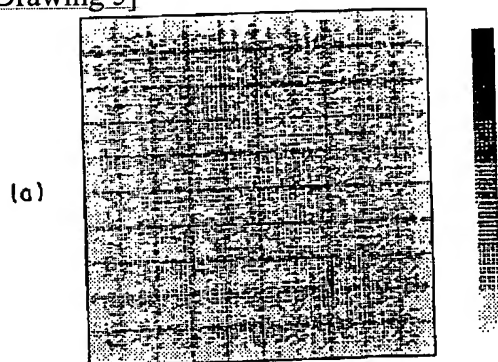
[Drawing 3]



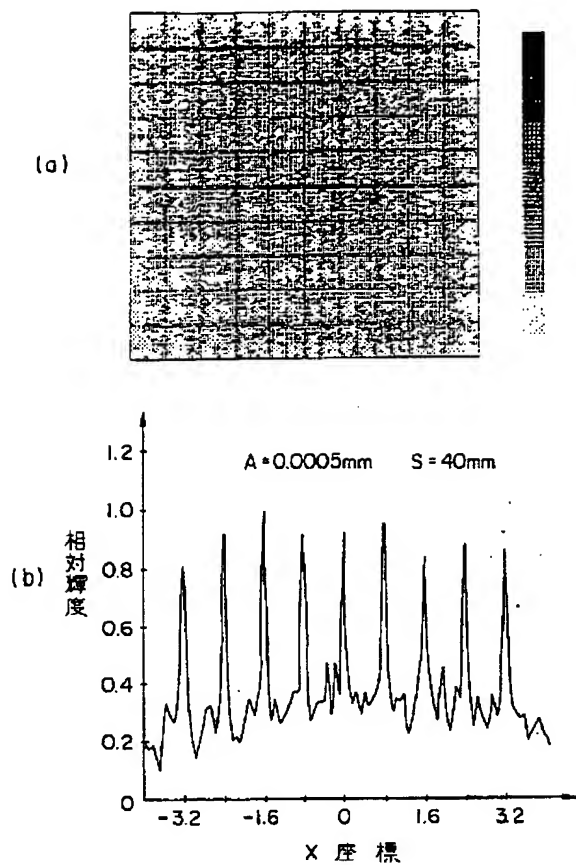
[Drawing 4]



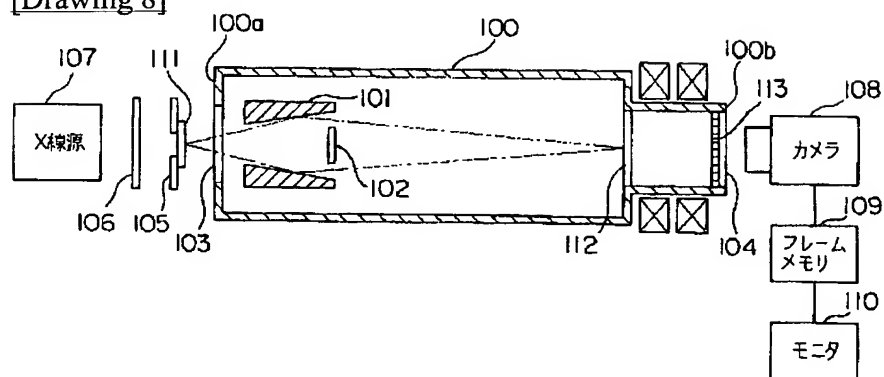
[Drawing 5]



[Drawing 6]



[Drawing 8]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-75676

(43) 公開日 平成8年(1996)3月22日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>

識別記号

F I

G01N 23/04

H01J 31/50

A 9508-2G

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全8頁)

(21) 出願番号 特願平6-210084

(22) 出願日 平成6年(1994)9月2日

(71) 出願人 000236436

浜松ホトニクス株式会社

静岡県浜松市市野町1126番地の1

(72) 発明者 大庭 昌

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内

(72) 発明者 杉山 優

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内

(72) 発明者 大須賀 慎二

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内

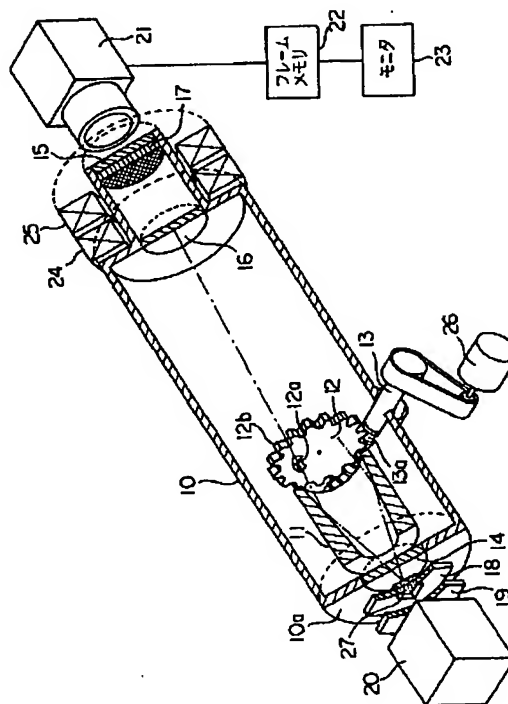
(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

(54) 【発明の名称】 放射線拡大観察装置

(57) 【要約】

【目的】 本発明は、分解能の高い放射線拡大観察装置を提供することを目的とする。

【構成】 放射線源(20)を出射した放射線は試料(27)を透過して、斜入射反射鏡(11)に入射する。入射した放射線は斜入射反射鏡(11)で拡大・結像されて検出手段(21)に与えられ、X線像として検出される。斜入射反射鏡(11)の出射面に近接する位置に、これらの面とほぼ平行に遮蔽板(12)が配置されている。この遮蔽板(12)は周辺部分の一部領域に開口(12a)を有しており、斜入射反射鏡(11)の反射面的一部分で反射したX線がこの開口(12a)を通過して検出手段(21)に到達する。このため、斜入射反射鏡(11)の反射面の内、加工精度の高い部分を選択的に用いて、X線を拡大・結像させることができ、高解像度のX線像を検出手段(21)で検出することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 試料の配置位置に向けて放射線を出射する放射線源と、前記試料を透過した放射線の像を拡大・結像させる略円筒形状の斜入射反射鏡と、この斜入射反射鏡で拡大・結像した放射線像を検出する検出手段とを備えた放射線拡大観察装置であって、前記斜入射反射鏡の入射面或いは出射面に近接すると共にこれらの面とほぼ平行に配置され、周辺部分の一部領域に開口を有する遮蔽板を備えることを特徴とする放射線拡大観察装置。

【請求項 2】 前記遮蔽板は、前記斜入射反射鏡の中心軸を中心に回転可能であることを特徴とする請求項 1 記載の放射線拡大観察装置。

【請求項 3】 前記斜入射反射鏡は、中心軸を中心に回転可能であることを特徴とする請求項 1 記載の放射線拡大観察装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、X線及びその他の放射線で試料を観察することが可能な放射線像拡大観察装置 20 に関する。

## 【0002】

【従来の技術】図 8 は従来の放射線像拡大観察装置の構造を示す断面図である。同図より、従来の放射線像拡大観察装置は、略円筒形状の筐体 100 の内部に斜入射反射鏡 101 とストップ 102 が配置され、筐体 100 の一端面 100a に入射窓 103 が、他端面 100b に蛍光面 104 がそれぞれ形成されている。また、筐体 100 の入射窓 103 に近接して試料台 105、フィルタ 106、及び X 線源 107 が設置され、蛍光面 104 に近接してカメラ 108、フレームメモリ 109、及びモニタ 110 が設置されている。

【0003】本装置の動作を次に示す。まず、X 線源 107 を出射した X 線はフィルタ 106 を透過して波長制限され、試料台 105 に固定された試料 111 に入射する。試料 111 を透過した X 線は、入射窓 103 を介して斜入射反射鏡 101 に入射する。入射した X 線は斜入射反射鏡 101 で拡大され、ストップ 102 を通過した X 線が X 線像として光電面 112 上に結像する。ここで、ストップ 102 は不要な X 線が光電面 112 に入射 40 するのを防いでいる。光電面 112 に X 線が入射すると光電面 112 の裏面から光電子が放出され、放出された光電子はマイクロチャンネルプレート (MCP) 113 で増倍され、蛍光面 104 に光学像を形成する。この光学像はカメラ 108 に取り込まれた後、フレームメモリ 109 に一時蓄えられ、その後、モニタ 110 に与えられて、光学像が表示される。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、従来の放射線拡大観察装置の分解能を決めているのは、斜入射反射 50

鏡 101 の反射面の加工精度である。例えば、数 nm の波長の X 線を使用する場合、斜入射反射鏡 101 の全反射面を数 nm 以下の表面粗さとサブ  $\mu\text{m}$  以下程度の形状誤差に収めなければ、所定レベルの分解能が得られない。

【0005】しかし、上記の精度は反射面の一部のみなら達成できるが、反射面全体に亘って達成するのはなかなか難しく、そのため、所定レベルの分解能を得ることができなかった。

10 【0006】本発明は、このような問題を解決して、分解能の高い放射線拡大観察装置を提供することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明の放射線拡大観察装置は、試料の配置位置に向けて放射線を出射する放射線源と、試料を透過した放射線を拡大・結像させる略円筒形状の斜入射反射鏡と、この斜入射反射鏡で拡大・結像した放射線像を検出する検出手段とを備えた放射線拡大観察装置であって、斜入射反射鏡の入射面或いは出射面に近接すると共にこれらの面とほぼ平行に配置され、周辺部分の一部領域に開口を有する遮蔽板を備えている。

【0008】ここで、遮蔽板が斜入射反射鏡の中心軸を中心に回転可能であってもよく、または、斜入射反射鏡が中心軸を中心に回転可能であってもよい。

## 【0009】

【作用】本発明の放射線拡大観察装置によれば、放射線源を出射した放射線は試料を透過して、斜入射反射鏡に入射する。入射した放射線は斜入射反射鏡で拡大・結像されて検出手段に与えられ、X 線像として検出される。斜入射反射鏡の入射面或いは出射面に近接する位置に、これらの面とほぼ平行に遮蔽板が配置されている。この遮蔽板は周辺部分の一部領域に開口を有しており、斜入射反射鏡の反射面的一部分に入射する X 線（或いは斜入射反射鏡の反射面的一部分で反射した X 線）がこの開口を通過して検出手段に到達する。また、斜入射反射鏡の反射面他の部分に入射する X 線（或いは斜入射反射鏡の反射面他の部分で反射した X 線）は、遮蔽板で遮蔽されるので、検出手段に到達することはない。このため、斜入射反射鏡の反射面の内、加工精度の高い部分を選択的に用いて、X 線を拡大・結像させることができ、高解像度の X 線像を検出手段で検出することができる。

## 【0010】

【実施例】以下、本発明の一実施例について添付図面を参照して説明する。図 1 は、本実施例に係る放射線像拡大観察装置の断面構造を示す斜視図である。同図より、本実施例の放射線像拡大観察装置は、略円筒形状の筐体 10 の内部に X 線像を拡大・結像する斜入射反射鏡 11 と、周辺部分の一部領域に開口 12a が形成され斜入射反射鏡 11 を通過した X 線の一部のみを通過させる円盤

形状のストッパ 1 2 と、ストッパ 1 2 を回転させる軸付きウォーム 1 3 が組み込まれている。筐体 1 0 の一端面 1 0 a には入射窓 1 4 が、他端面 1 0 b には蛍光面 1 5 がそれぞれ形成され、斜入射反射鏡 1 1 による X 線の結像位置に光電面 1 6 が形成されている。また、光電面 1 6 側の蛍光面 1 5 上にマイクロチャンネルプレート (MCP) 1 7 が配置されている。さらに、筐体 1 0 の入射窓 1 4 に近接して試料台 1 8、フィルタ 1 9、X 線源 2 0 が設置され、蛍光面 1 5 に近接してカメラ 2 1、フレームメモリ 2 2、及びモニタ 2 3 が設置されている。さらにまた、筐体 1 0 の光電面 1 6 と蛍光面 1 5 の間の外周に、コイル 2 4、2 5 が巻き付けられている。

【0011】また、ストッパ 1 2 の外周縁には回転角調整用のギヤ 1 2 b が形成されウォームホイールになっている。このギヤ 1 2 b には軸付きウォーム 1 3 のウォーム 1 3 a が噛合されるようになっており、軸付きウォーム 1 3 を回転させることによってストッパ 1 2 が回転する。軸付きウォーム 1 3 は筐体 1 0 外部に設けられたパルスモータ 2 6 等で駆動し、ストッパ 1 2 の回転角を正確に設定できるようになっている。

【0012】本実施例の放射線像拡大観察装置は以下のように動作する。まず、観察すべき試料 2 7 を試料台 1 8 に固定し、これらを入射窓 1 4 とフィルタ 1 9 の間に配置する。次に、X 線源 2 0 から X 線を射出すると、X 線はフィルタ 1 9 を透過して波長制限され、試料台 1 8 に固定された試料 2 7 上に照射される。X 線が試料 2 7 を透過すると X 線像が形成される。透過した X 線は入射窓 1 4 を通過して斜入射反射鏡 1 1 に入射し、斜入射反射鏡 1 1 によって拡大された X 線像が光電面 1 6 上に結像される。光電面 1 6 の裏面からは、この X 線像に対応した光電子が放出され、この光電子による電子像がコイル 2 4、2 5 で拡大される。そして、拡大された電子像は MCP 1 7 で増倍された後、蛍光面 1 5 に結像されて光学像を得る。蛍光面 1 5 に形成された光学像はカメラ 2 1 で取り込まれた後、フレームメモリ 2 2 に一時蓄えられ、その後に CRT 等を備えたモニタ 2 3 に与えられる。また、このフレームメモリ 2 2 は、現在記憶している画像と新たに与えられた画像とを合成する機能を持っている。

【0013】本実施例の特徴は、斜入射反射鏡 1 1 の反射面で反射した X 線の一部を通過させるストッパ 1 2 を備えている点である。このストッパ 1 2 によって、斜入射反射鏡 1 1 の大部分の反射面で反射した X 線は遮蔽されることとなり、反射面の所望の部分で反射した X 線のみが光電面 1 6 に到達し、X 線像が形成される。ストッパ 1 2 は駆動ギヤ 1 3 によって回転させることができ、開口 1 2 a を所定の位置に移動させることができる。本実施例の装置を用いた試料 2 7 の観察方式としては、まず、駆動ギヤ 1 3 によってストッパ 1 2 を回転させ、開口 1 2 a を所定の位置に移動させた後にストッパ 1 2 を

固定して、この状態で光学像をモニタ 2 3 で観察する第 1 の方式と、駆動ギヤ 1 3 によってストッパ 1 2 を一回転させ、所定角度回転させるごとに光学像をカメラ 2 1 で撮像し、所定角度ごとに得られた画像を合成してこの合成画像をモニタ 2 3 で観察する第 2 の方式とがある。以下、第 1 の観察方式と第 2 の観察方式に分けて説明する。

【0014】第 1 の観察方式は、まず、斜入射反射鏡 1 1 の反射面の一部に加工精度が高い面がある場合に用いられる。これは、高解像度の X 線像を光電面 1 6 に形成するためには、斜入射反射鏡 1 1 の加工精度 (表面粗さ、形状誤差) を nm オーダーにする必要があるが、全反射面をこのような精度で加工することは現在の加工技術では不可能であることによる。そこで、斜入射反射鏡 1 1 の反射面の内、nm オーダーの加工精度を有する面を選択し、この面で反射した X 線のみをストッパ 1 2 の開口 1 2 a を通過させて、光電面 1 6 に到達させている。このため、高解像度の X 線像が光電面 1 6 上に形成され、蛍光面 1 5 には高解像度の光学像が形成される。なお、斜入射反射鏡 1 1 の反射面で反射した X 線の大部分はストッパ 1 2 で遮蔽されるので、光電面 1 6 まで到達する X 線量は非常に少ない。このため、この観察方式では長時間露光して十分な X 線量を確保する必要がある。

【0015】また、第 1 の観察方式は、斜入射反射鏡 1 1 の反射面に加工精度の高い部分がない場合でも、カメラ 2 1 で撮像される画像の解像方向が一方向 (ストッパ 1 2 の回転軸と開口 1 2 a とを結ぶ線分に沿った方向) だけでよい場合に用いられる。斜入射反射鏡 1 1 の加工精度の低い反射面を使って拡大した X 線像は、ストッパ 1 2 を取り去って斜入射反射鏡 1 1 の反射面全体を使って拡大した X 線像に比べて、その面に垂直な方向の解像度が高い。これは、反射面の他の部分で反射した解像度を悪化させる X 線をストッパ 1 2 が遮蔽したためである。そこで、画像の解像方向が一方向だけでよい場合には、反射面全面の加工精度が低い場合でも、本方式が用いられる。なお、この解像度の向上の度合いは使用する面の加工精度 (表面粗さ、形状誤差) によるので、使用する反射面は反射面全体の内、最も加工精度の高い面に設定する必要がある。

【0016】次に、第 2 の観察方式について説明する。第 2 の観察方式は、斜入射反射鏡 1 1 の反射面に加工精度の高い部分がない場合で、且つカメラ 2 1 で撮像される画像が全方向に亘って高解像度であることが要求される場合に用いられる。この観察方法は、まず、試料 2 7 表面に X 線を照射して、試料 2 7 を透過した X 線を斜入射反射鏡 1 1 の反射面で反射させる。この反射面で反射した X 線の内、ストッパ 1 2 の開口 1 2 a を通過した X 線が光電面 1 6 に到達し、光電面 1 6 上に拡大 X 線像を形成する。X 線の到達により光電面 1 6 から光電子が放

出され、この光電子がMCP 17で増倍されて蛍光面15に拡大光学像を形成する。この光学像をカメラ21で撮像し、フレームメモリ22を介してモニタ23で観察する。

【0017】次に、ストップ12を少し回転させる。回転させる角度は、開口12aの大きさにより、前の位置での開口12aと次の位置での開口12aとで間が開かないように設定する(開口12aの大きさは斜入射反射鏡11の反射面の加工精度によるが、発明者の行った可視光による実験より、斜入射反射鏡11の出射面の開口面積の2割以下でよいと考えられる。)

【0018】その後、再びX線を試料27に照射し、試料27からの透過X線を拡大し、このX線像による光学像をカメラ21で撮像し、得られた画像をフレームメモリ22上で前の画像と合成する。さらにまた、ストップ12を回転させて、開口12aの位置を変えて撮像し、前の2つの画像と合成する。以後、ストップ12の開口12aが元の位置に戻るまで(一回転するまで)、この工程を繰り返す。このようにして得られた合成画像は、斜入射反射鏡11の反射面全面を用いた画像よりも高コントラストで解像度の高い画像となる。

【0019】本実施例では、上記画像の合成に特別な方法を用いて解像度を向上させている。次に、この画像処理方法について図2～図6を用いて説明する。

【0020】図2(b)に示すような斜入射反射鏡11の出射面より一回り小さい従来のストップ12'を用いて、図2(a)に示すような格子パターンを試料27を撮像すると、図3(a)に示すような全体にぼけた画像となる。このことは、図3(b)の相対輝度の分布のグラフからも明らかである。つまり、図3(b)のグラフでは最大輝度と最小輝度の差が小さく、明るい部分と暗い部分のコントラストの差が少ない。このことより鮮明でない画像であることが判る。

【0021】ところで、図2(c)～図2(e)に示すように本実施例のストップ12を所定角度ずつ回転させて撮像した画像を単純に足し合わせた合成画像は、図5(a)に示すようなぼけた画像となる。図5(b)のグラフは図3(b)のグラフより最大輝度と最小輝度の差が大きい、この合成画像は3方向の画像を足し合わせただけにすぎず、全方向の画像を足し合わせた場合には、図3(a)の画像とほとんど同等の解像度の画像となることが予想される。その理由は次の通りである。ストップ12の開口12aを通過したX線によるX線像は、開口12aと回転軸を結ぶ線分12bに沿った方向の解像度は高いが、この線分12bに垂直な方向の解像度は低い。したがって、ストップ12を回転させるごとに撮像した複数の画像を単純に足し合わせたのでは、解像度の低い方向の成分も加えられることとなり、合成画像の解像度は比較的低いものとなる。具体的には、図2(a)の格子パターンの試料27の透過画像を、図2

(c)のように上部に開口12aが位置するストップ12を用いて撮像した場合、図4(a)に示すようにY軸方向の線は高解像度で得られるが、それと垂直なX軸方向の線はぼやけてしまう。これとは逆に、図2(d)のように右側部に開口12aが位置するストップ12を用いて撮像した場合、Y軸方向の線がぼけて、X軸方向の線が明瞭となる。従って、これら二つの画像を足し合わせると全体として解像度が低下する。さらに、これを全方向で行ってすべての画像を足し合わせると、図2

(b)の従来のストップ12'で撮像した画像と同程度の低解像度の画像になる。

【0022】ここで撮るべき対象物の中にある特定の部分に注目し、そこからの信号(透過X線)を図2(c)のストップ12と図2(d)のストップ12のいずれかの開口12aを通過させて結像させた場合、同じ結像位置でも明瞭に見えているときの信号量は、ぼけているときの信号量に比べて多くなっている(ぼけているときはそこに結像すべき信号が周りの画素に広がってしまう。)。そこで両画像の各画素ごとの大きいほうを選択して出力すれば、両画像を単に足し合わせた画像よりも高画質の画像となる。

【0023】従って、各画像を足し合わせるのではなく、各画像を各画素ごとに比較して、その中の最大値を選択するようにして、最終的な画像を構成すれば、図2(b)に示すストップ12'で撮った画像よりも高解像度の画像が得られる。但し、この場合、本来信号がない部分(影となって透過X線がない部分)のバックグラウンドも上がってしまうが、それでも解像度は単純に足し合わせた画像よりも良くなる。また、この最大値を選択した画像において、信号量が多い場合、オフセットを掛けて、バックグラウンド成分をカットしてやれば、さらによい画像が得られる。さらに、これらの処理は信号量(X線量)が多い場合に有効である。この画像の例を図6

(a)に示す。この図より図3(a)の画像に比べて高い解像度の画像が得られたことが判る。特に、図6

(b)に示すグラフの最大輝度と最小輝度の差は大きく、極めて鮮明な画像が得られたと言える。

【0024】なお、本発明は上記実施例に限定されることなく、種々の変形が可能である。例えば、本実施例では、斜入射反射鏡11の出射側にストップ12を設けているが、斜入射反射鏡11の入射側に設けても良い。さらに、試料27の前(X線源20と試料27の間)にストップ12を設けても良い。試料27の前に置いた場合、試料27に照射されるX線量を減らし、試料に与える放射線損傷を小さくすることができる。ストップ12が試料27の後方に設置された図1の実施例では、試料27を透過してきたX線の一部のみを使って結像させ、残りは捨てている。つまり、不必要なX線を試料27に照射していることになる。特に、ストップ12を回転させて画像を合成する場合、1枚の画像を得るのに例えば



n枚の画像合成が必要だとすると、従来の1回の照射で撮像していた場合に比べ、n倍も多く同じ試料27にX線が照射される。これは、生物試料等の放射線によるダメージが考えられる試料27においては問題である。そこで、ストップ12を試料27の前に置くことで、試料27に照射するX線を必要最小限に抑えている（第1の観察方式においては開口12aの1部のみであるからその効果が大きい。ストップ12を回転させる第2の観察方式でも結局全開口で1回で撮像した場合と変わらない。）。ストップ12を試料27の前に置く実施例を図7に示す。X線源20と試料27の前に集光用の斜入射反射鏡11aを設置し、その入射側、または出射側のどちらかにストップ12を置けば良い（ここで設けたストップ12の開口12aの位置は、結像用の斜入射反射鏡11bでは180°ずれた方向であることに注意する。例えば、第1の観察方式で結像用の斜入射反射鏡11bのAの部分を選択して使用する場合、ストップ12の開口12aの位置はB方向となる。）。

【0025】また、本実施例では、ストップ12を回転させて、X線を反射させる斜入射反射鏡11の反射面を変更させているが、斜入射反射鏡11自体を回転させてもよい。さらに、本実施例では、回転機構として、ウォームホイールを構成する円盤形状のストップ12と軸付きウォーム13を用いたウォームギヤを用いているが、この機構に限定されることなく、例えば、特開平2-22589号公報（放射線拡大観察装置）に記載した絞り手段の回転機構のようなものでもよい。

#### 【0026】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明の放射線像拡大観察装置であれば、斜入射反射鏡の反射面の大部分の加工精度が悪い場合でも、反射面の加工精度が

良い部分が一部にでもあれば、その部分で反射した放射線だけを遮蔽板の開口を通過させることができる。このため、遮蔽板の開口を通過した放射線が拡大・結像した放射線像の解像度は非常に高く、高分解能の放射線像が検出手段で検出される。

#### 【0027】

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】本実施例に係る放射線像拡大観察装置の断面構造を示す斜視図である。

【図2】試料およびストップの形状を示す図である。

【図3】拡大画像及びこの画像の輝度分布を示す図である。

【図4】拡大画像及びこの画像の輝度分布を示す図である。

【図5】拡大画像及びこの画像の輝度分布を示す図である。

【図6】拡大画像及びこの画像の輝度分布を示す図である。

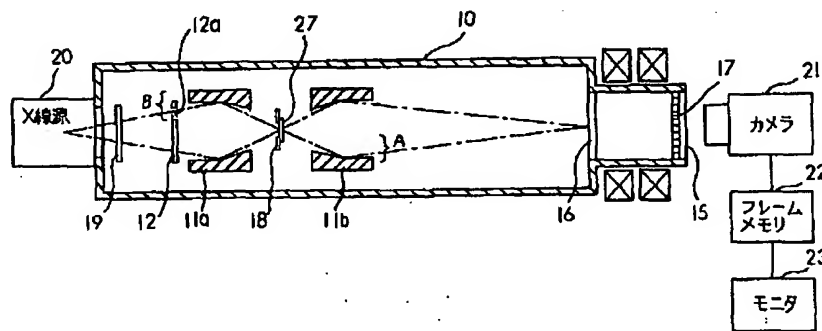
【図7】別の実施例に係る放射線像拡大観察装置の構造を示す断面図である。

【図8】従来の放射線像拡大観察装置の構造を示す断面図である。

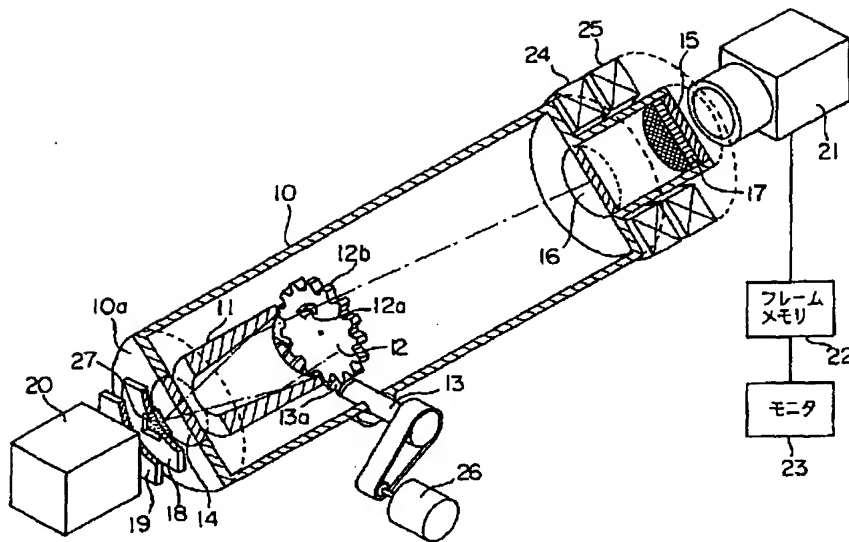
##### 【符号の説明】

10…筐体、11…斜入射反射鏡、12…ストップ、12a…開口、12b…ギヤ、13…軸付きウォーム、14…入射窓、15…蛍光面、16…光電面、17…マイクロチャンネルプレート、18…試料台、19…フィルタ、20…X線源、21…カメラ、22…フレームメモリ、23…モニタ、24、25…コイル、26…パルスモータ、27…試料。

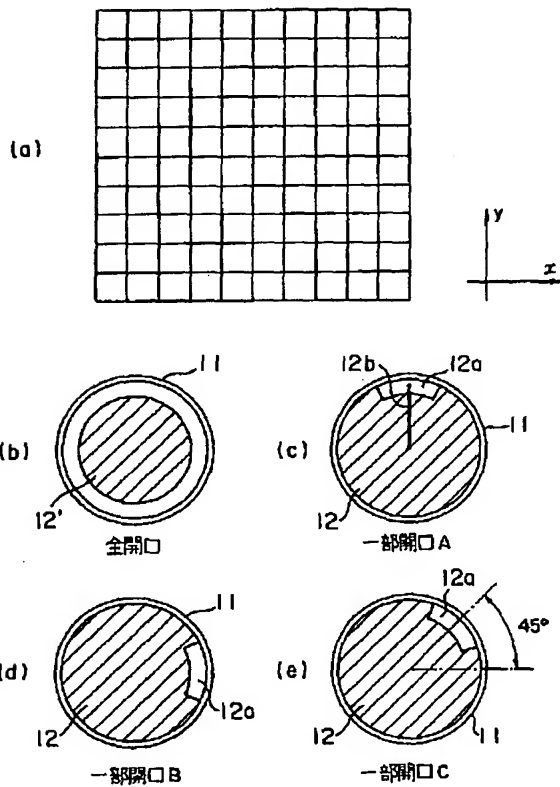
【図7】



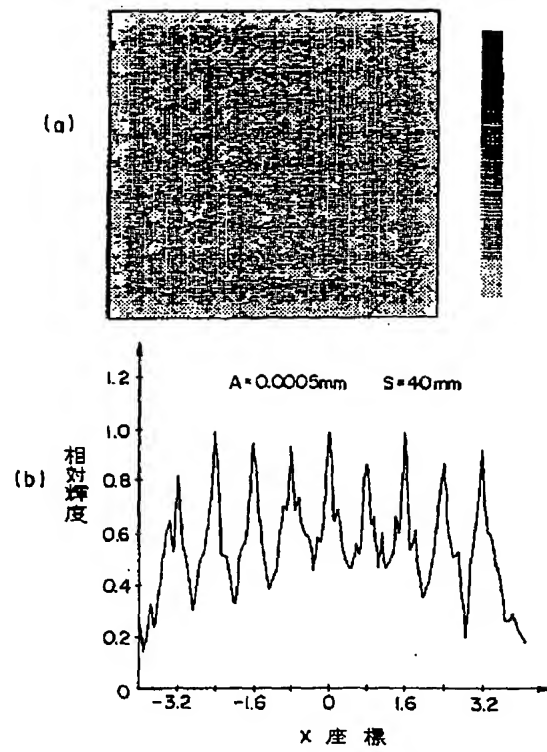
【図 1】



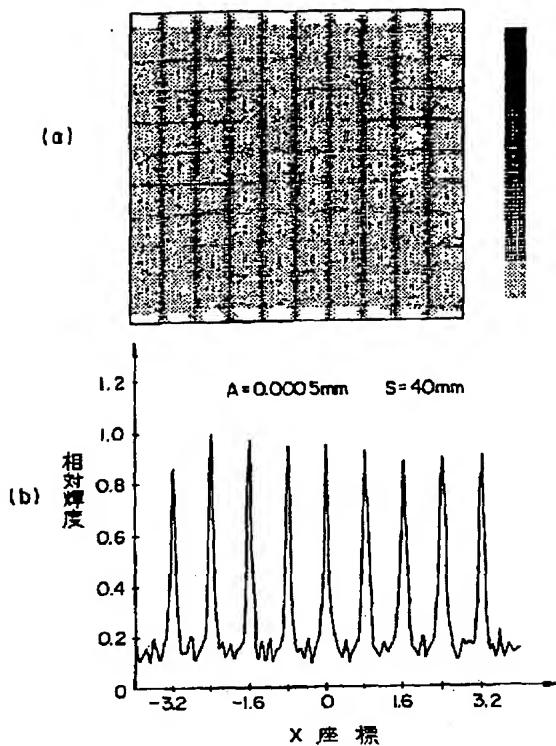
【図 2】



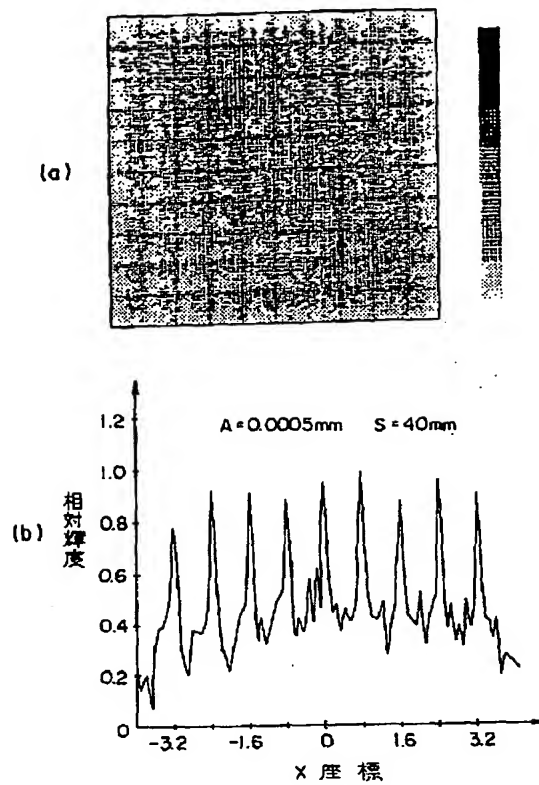
【図 3】



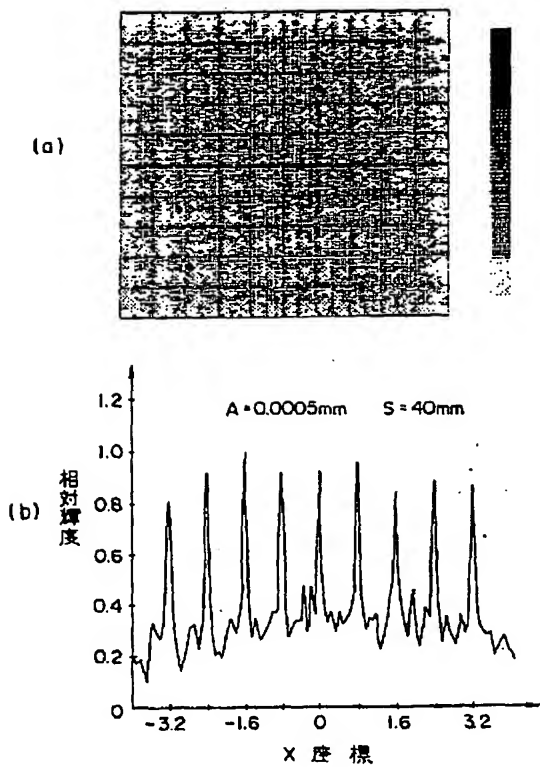
【図4】



【図5】



【図6】



【図 8】

